

Υπολογισμός υδατικού ισοζυγίου σε υδραυλικά στεγανή ζώνη με εγκατεστημένα υδρόμετρα AMR. Η μέθοδος «από κάτω προς τα πάνω».



Επιμέλεια: Ηλίας Βαλαώρας
Δ/ντής Τ.Υ. Δ.Ε.Υ.Α. Τρικάλων
17 Μαρτίου 2021

Δομή παρουσίασης

- ❖ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΖΩΝΗΣ, ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ AMR ΥΔΡΟΜΕΤΡΩΝ
- ❖ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΑΠΟ ΠΑΝΩ ΠΡΟΣ ΤΑ ΚΑΤΩ
- ❖ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΑΠΟ ΚΑΤΩ ΠΡΟΣ ΤΑ ΠΑΝΩ ΜΕ ΔΥΟ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ
- ❖ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1.1. Η πιλοτική περιοχή των Αγ. Αποστόλων

- Για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου είναι πολύ χρήσιμη η γνώση της Ελάχιστη Νυχτερινής Παροχής και της Ελάχιστης Νυχτερινής Κατανάλωσης με όσο πιο μεγάλη ακρίβεια.
- Για την απόκτηση των δεδομένων αυτών καθώς και την εξοικείωση με την τεχνολογία των υδρομέτρων απομακρυσμένης ανάγνωσης, η Δ.Ε.Υ.Α.Τ. αποφάσισε να εκτελέσει πιλοτικά μια εφαρμογή που θα περιλάμβανε την εγκατάσταση υδρομέτρων απομακρυσμένης ανάγνωσης, τη συλλογή και την επεξεργασία των ενδείξεών τους στον οικισμό των Αγ. Αποστόλων.
- Επιλέχθηκε ο συγκεκριμένος οικισμός διότι είναι μια υδραυλικά ανεξάρτητη περιοχή (DMA).
- Πρόκειται για έναν πεδινό, ημιαστικό οικισμό πληθυσμού 405 κατοίκων στα όρια της πόλης των Τρικάλων, με 146 υδρόμετρα.



Κεραία στη νότια πλευρά του οικισμού



Κεραία στη βόρεια πλευρά του οικισμού

- ✓ Μήκος δικτύου: 6.530 m
- ✓ Αριθμός συνδέσεων: 136
- ✓ Αριθμός μετρητών: 146

1.2. Ο σταθμός ελέγχου στην είσοδο της ζώνης

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

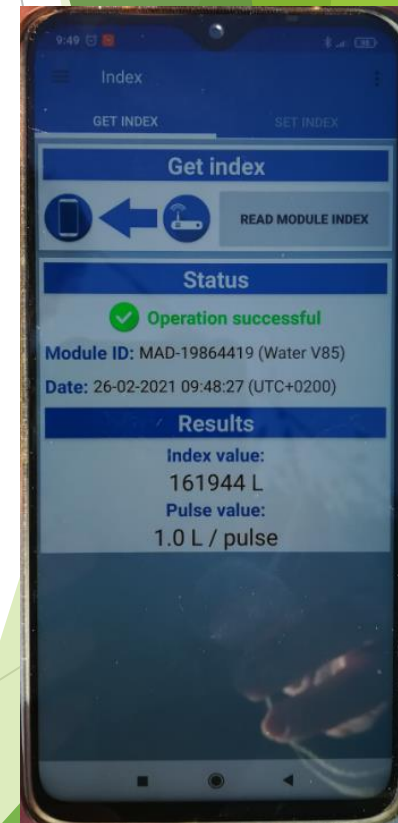
- ▶ Στην είσοδο του οικισμού και σε αγωγό $\Phi 160\text{mm}$ PVC, κατασκευάστηκε ένα φρεάτιο μέσα στο οποίο τοποθετήθηκαν:
 - Ο κεντρικός μετρητής με δυνατότητα απομακρυσμένης ανάγνωσης διατομής DN150, R100.
 - Η συσκευή τηλεμετρίας και το αισθητήριο πίεσης (4-20mA) για τη λήψη της πίεσης σε πραγματικό χρόνο.
 - Ο σταθμός είναι ενεργειακά αυτόνομος με τη χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος και μελλοντικά θα παρέχει πέρα από τις μετρήσεις της πίεσης και τη δυνατότητα του ελέγχου βαλβίδας PRV για τη ρύθμιση της πίεσης του οικισμού.



1.3. Τα AMR στην πιλοτική περιοχή

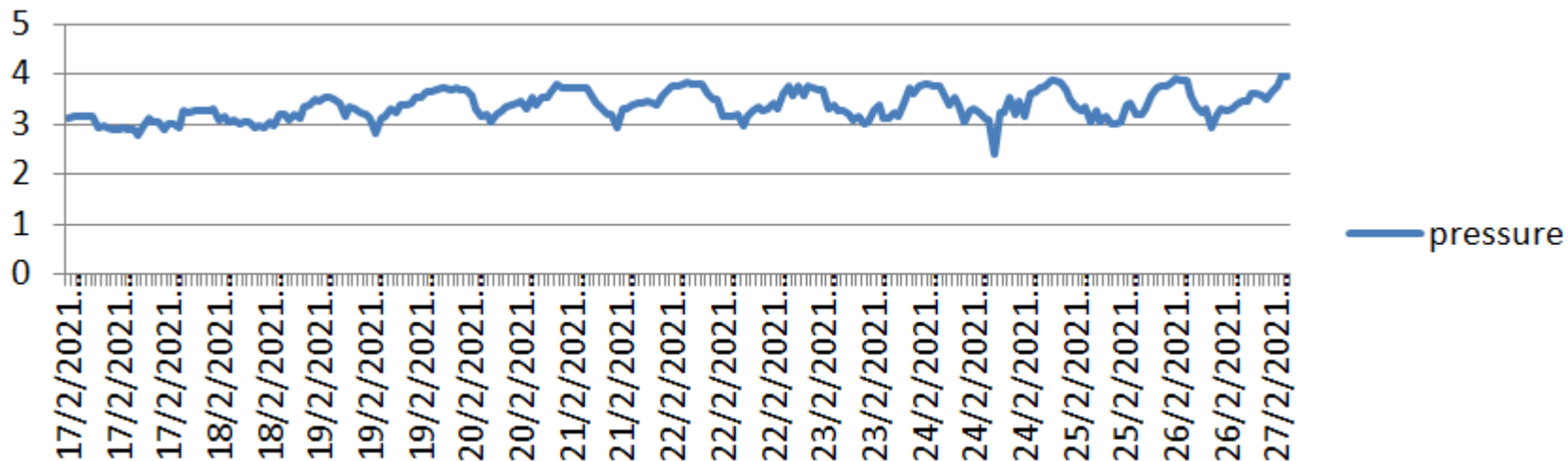
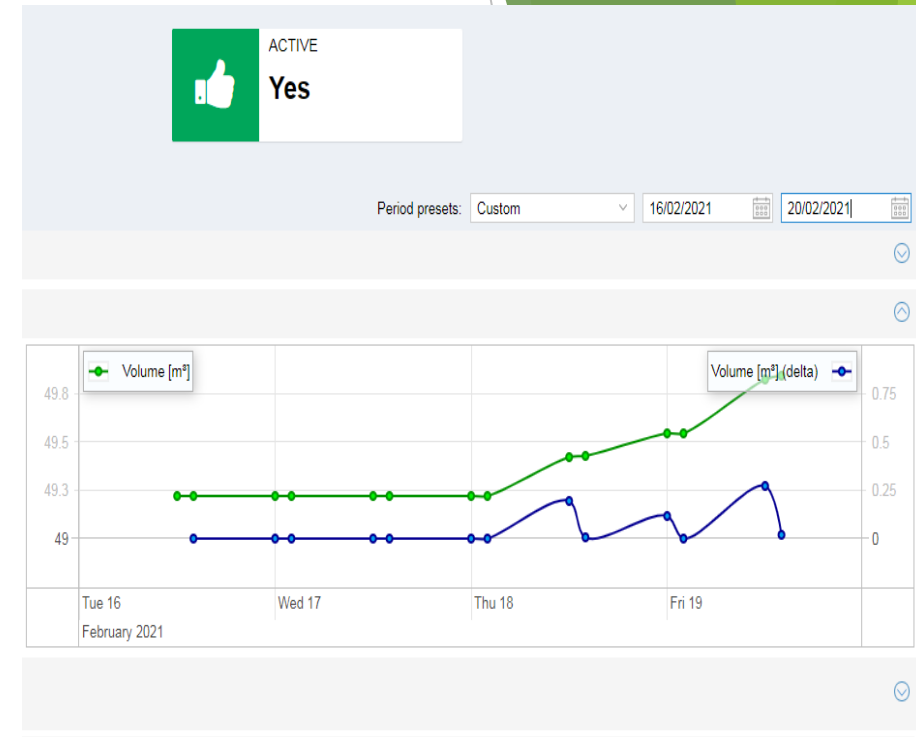


- Τοποθετήθηκαν 146 ογκομετρικά υδρόμετρα, μετρολογικής κλάσης R400. Τα 144 υδρόμετρα είναι οικιακής κατανάλωσης (1/2") και δύο υδρόμετρα εμπορικής κατανάλωσης (3/4" και 2"). Ακολούθησε η ενεργοποίηση των υδρομέτρων απομακρυσμένης ανάγνωσης με τη χρήση τεχνολογίας NFC (Near Field Communication).
- Τα υδρόμετρα απομακρυσμένης ανάγνωσης λειτουργούν με πρωτόκολλο επικοινωνίας LoRaWan class A. Το δίκτυο LoraWAN αποτελείται από δύο gateways. Το κάθε gateway ηλεκτροδοτείται από αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα καθώς τα σημεία τοποθέτησης που επιλέχθηκαν δεν ήταν κοντά στο ηλεκτρικό δίκτυο.



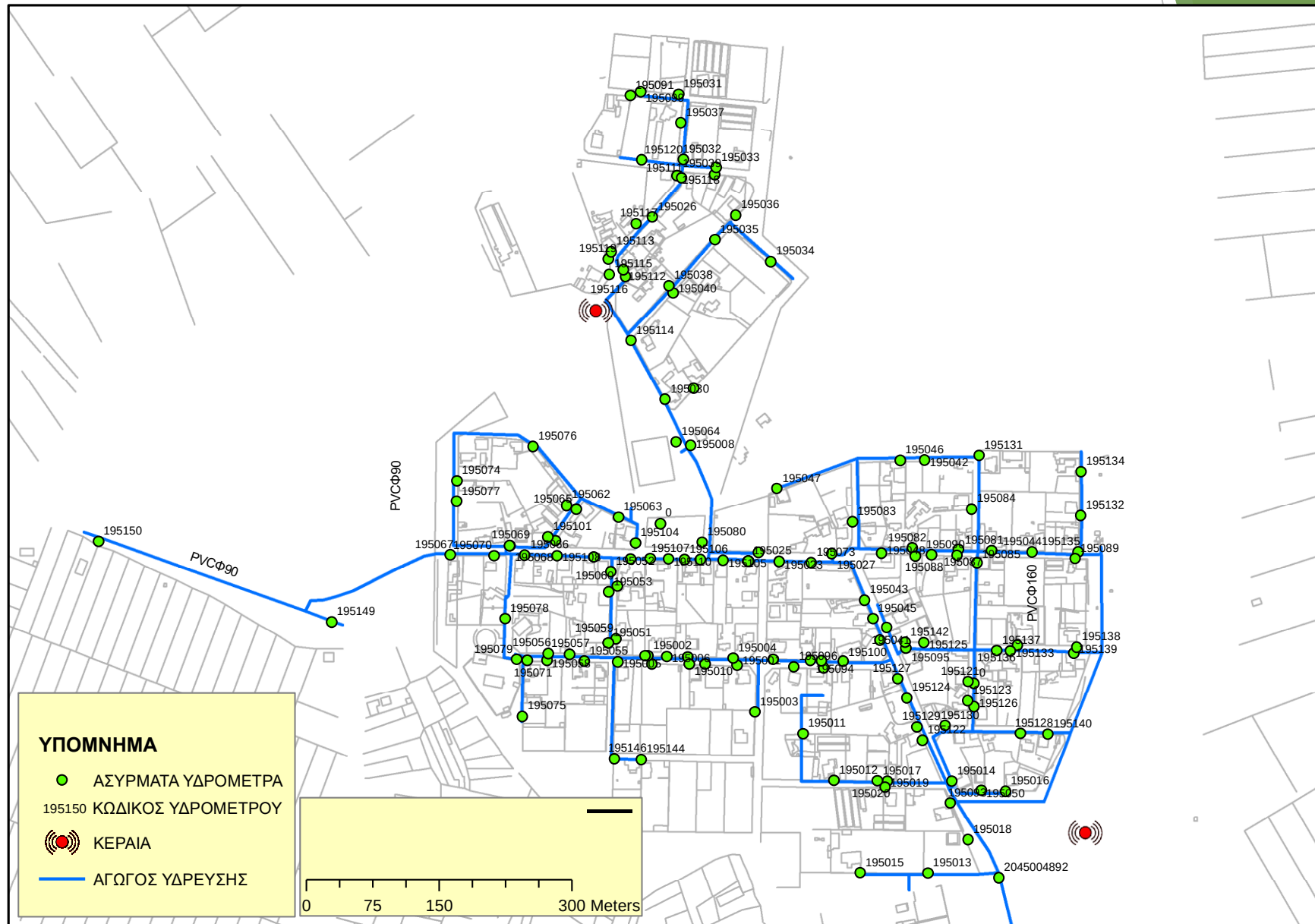
1.4. Οι μετρήσεις στην πιλοτική περιοχή

- Οι ενδείξεις των υδρομέτρων λαμβάνονται τέσσερις φορές την ημέρα. Συγκεκριμένα, οι ώρες μέτρησης ορίστηκαν στις 02.00 και 04.00 κατά τη διάρκεια της νύχτας και στις 14.00 και 16.00 το απόγευμα.
- Οι μετρήσεις εμφανίζονται μέσω web πλατφόρμας και έτσι δίνεται η δυνατότητα για επεξεργασία των δεδομένων και εποπτική παρακολούθηση των καταναλώσεων του οικισμού γεγονός που στη συνέχεια βοήθησε στη μελέτη του υδατικού ισοζυγίου.



1.5. Αποτύπωση στοιχείων της ζώνης των Αγ. Αποστόλων

ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΜΕΤΡΑ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΑΓΙΩΝ ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ



2.1. Παραδοχές Υπολογισμού Υδατικού Ισοζυγίου πιλοτικής ζώνης (έτος 2019). Μέθοδος Top-Down

1. Η μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση θεωρήθηκε ότι είναι το 2% της μετρούμενης κατανάλωσης.
2. Η εξουσιοδοτημένη κατανάλωση που δεν πληρώθηκε θεωρήθηκε ότι είναι ίση με 1% του εισερχόμενου νερού. Ξεκίνησαν προσπάθειες καταγραφής της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης που δεν αποδίδει έσοδα.
3. Για ηλικία μεγαλύτερη από 15 έτη η υπομέτρηση μπορεί και να ξεπερνά το 12%. Για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου του 2019 η υπομέτρηση το ποσοστό υπομέτρησης, μετρητικών και διαχειριστικών λαθών λαμβάνεται ίσο με 15% της τιμολογούμενης κατανάλωσης, λόγω πολλών παλιών υδρομέτρων. Πρέπει να σημειωθεί ότι η μέθοδος αυτή είναι εμπειρική και δεν παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα.

Πίνακας. Απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό του Υδατικού Ισοζυγίου

Στοιχεία υδατικού ισοζυγίου	Από τη ΔΕΥΑΤ	Με εκτίμηση	Με παραδοχή
Εισερχόμενο νερό στο δίκτυο	✓		
Τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση	✓		
Τιμολογούμενη μη-μετρούμενη κατανάλωση	✓		
Μη τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση		✓	
Μη τιμολογούμενη μη-μετρούμενη κατανάλωση		✓	
Μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση			✓
Ανακρίβειες μετρητών/μετρήσεων		✓	

2.2 Υδατικό Ισοζύγιο της πιλοτικής ζώνης (έτος 2019). Μέθοδος Top-Down

Εισερχόμενος όγκος νερού 50,499	Εξουσιοδοτημένη κατανάλωση 30,401	Τιμολογούμενη κατανάλωση	Τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση 30,100	Ανταποδοτικό νερό 30,100
		30,100	Τιμολογούμενη μη μετρούμενη κατανάλωση 0	
		Μη Τιμολογούμενη κατανάλωση 301	Μη τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση 0	Μη ανταποδοτικό νερό 20,399
			301	
	Απώλειες νερού 20,098	Φαινόμενες απώλειες 5,117	Μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση 602	
			Λάθη μετρητών/μετρήσεων 4,515	
		Πραγματικές απώλειες 14,981		

- Πραγματικές Απώλειες αποτελούν το **29,67%** του εισερχόμενου νερού.
- Υπομέτρηση = εκτιμάται στο **15%** της τιμολογούμενης κατανάλωσης
- Η μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση θεωρήθηκε ότι είναι το **2%** της μετρούμενης κατανάλωσης.

3.1. Μέθοδος Bottom-up.

Υπολογισμός ελάχιστης νυκτερινής ροής με παραδοχή ελάχιστης νυκτερινής κατανάλωσης 1,8 lt/ώρα/υδρόμετρο (Φεβρουάριος 2021)

	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΕΙΣΑΓΟΝΤΑΙ				ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ								
DMA	Μήκος Δικτύου (m)	Αριθμός Υδρομέτρων	Αριθμός Συνδέσεων	Μέσο Μήκος Συνδεσης Lp (m)	$0.02 \times L$	$1.25 \times N$	$0.033 \times N \times Lp$	$P_{\text{νύκτας}} (m)$	$(P_{\text{νύκτας}}/50)^{1.5}$	Διαρροές Βάσης ΔΒ (lt/hr)	Διαρροές Βάσης ΔΒ (lt/s)	Ελάχιστη Νυκτερινή Οικιακή Κατανάλωση (lt/hr)	Ελάχιστη Νυκτερινή Εμπορική Κατανάλωση (lt/hr)
Αριθμός Στήλης	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Υπολογισμός					$0.02 \times (1)$	$1.25 \times (3)$	$0.033 \times (3) \times (4)$		$[(8)/50]^{1.5}$	$[(5)+(6)+(7)] \times (9)$	$(10)/3600$	$1.8 \times (2)$	10x(αριθμός εμπορικών μονάδων)
DMA	6.530,00	146,00	136,00	3,00	130,60	170,00	13,46	36,30	0,62	194,28	0,05	262,80	20,00

Ελάχιστη Νυκτερινή Παροχή (lt/s)	Ελάχιστη Νυκτερινή Παροχή (lt/hr)	Συνολικές Απώλειες (lt/hr)	Απώλειες Θραύσεων (lt/hr)	$P_{\text{ημέρας}} (m)$	NDF (N1=1)	Συνολικές Απώλειες (m ³ /hr)	Συνολικές Απώλειες 24ωρο (m ³ /24hr) N1=1.0	Απώλειες Θραύσεων (m ³ /hr)	Απώλειες Θραύσεων (m ³ /24hr) N1=1.0	Θραύσεις / Συνολικές Απώλειες	Απώλειες lt / Σύνδεση / 24hr	UARL (lt/day)	ILI
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)
	$(14) \times 3600$	$(15) - (12) - (13)$	$(16) - (10)$		$6 \times [(8)/(8)]^1 + 18 \times [(18)/(8)]^1$	$(16)/1000$	$(19) \times (20)$	$(17)/1000$	$(19) \times (22)$	$(23)/(21)$	$(21) \times 1000 / (3)$	$[0,018 \times (1) + 0,8 \times (3) + 0,025 \times (3) \times (4)] \times [6 \times (8) + 18 \times (18)] / 24$	$(21) \times 1000 / (26)$
0,856	3.081,60	2.798,80	2.604,52	31,29	21,52	2,80	60,22	2,60	56,04	93%	442,78	7.418,18	8,12

3.2. Μέθοδος Bottom-up.

Υπολογισμός ελάχιστης νυκτερινής ροής με πραγματική μέτρηση ελάχιστης νυκτερινής κατανάλωσης μέσω AMR (Φεβρουάριος 2021)

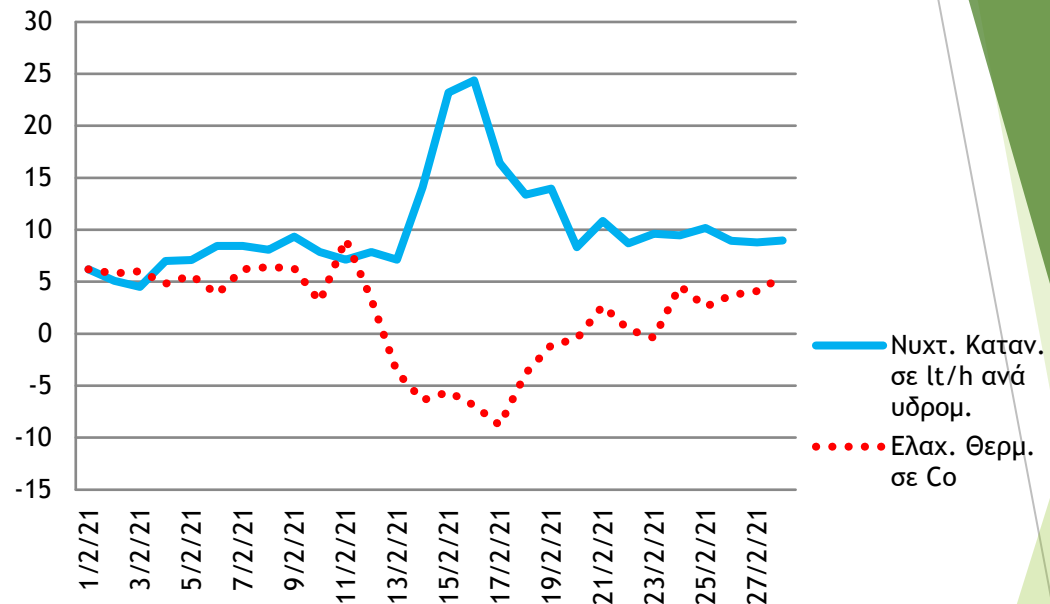
	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΕΙΣΑΓΟΝΤΑΙ				ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ								
DMA	Μήκος Δικτύου (m)	Αριθμός Υδρομέτρων	Αριθμός Συνδέσεων	Μέσο Μήκος Συνδεσης L_p (m)	$0.02 \times L$	$1.25 \times N$	$0.033 \times N \times L_p$	$P_{νύκτας}$ (m)	$(P_{νύκτας}/50)^{1.5}$	Διαρροές Βάσης ΔΒ (lt/hr)	Διαρροές Βάσης ΔΒ (lt/s)	Ελάχιστη Νυκτερινή Οικιακή Κατανάλωση (lt/hr)	Ελάχιστη Νυκτερινή Εμπορική Κατανάλωση (lt/hr)
Αριθμός Στήλης	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Υπολογισμός					$0.02 \times (1)$	$1.25 \times (3)$	$0.033 \times (3) \times (4)$		$[(8) \times 50]^{1.5}$	$[(5) + (6) + (7)] \times (9)$	$(10)/3600$	από υδρ. Καταναλωτών	από υδρ. Καταναλωτών
DMA	6.530,00	146,00	136,00	3,00	130,60	170,00	13,46	36,30	0,62	194,28	0,05	1.479,32	0,00

Ελάχιστη Νυκτερινή Παροχή (lt/s)	Ελάχιστη Νυκτερινή Παροχή (lt/hr)	Συνολικές Απώλειες (lt/hr)	Απώλειες Θραύσεων (lt/hr)	$P_{\etaμέρας}$ (m)	NDF (N1=1)	Συνολικές Απώλειες (m ³ /hr)	Συνολικές Απώλειες 24ωρο (m ³ /24hr) N1=1.0	Απώλειες Θραύσεων (m ³ /hr)	Απώλειες Θραύσεων (m ³ /24hr) N1=1.0	Θραύσεις / Συνολικές Απώλειες	Απώλειες lt / Σύνδεση / 24hr	UARL (lt/day)	ILI
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)
	$(14) \times 3600$	$(15) - (12) - (13)$	$(16) - (10)$		$NDF = \sum_{i=1}^{24} \left(\frac{P_i}{P_{NMF}} \right)^{N1}$	$(16)/1000$	$(19) \times (20)$	$(17)/1000$	$(19) \times (22)$	$(23)/(21)$	$(21) \times 1000 / (3)$	$[0,018 \times (1) + 0,8 \times (3) + 0,025 \times (3) \times (4)] \times [6 \times (8) + 18 \times (18)] / 24$	$(26) \times 1000 / (21)$
0,856	3.081,60	1.602,28	1.408,00	31,29	22,20	1,60	35,57	1,41	31,26	88%	261,55	7.419,85	4,79

3.3.1. Σύγκριση των δύο προσεγγίσεων της μεθόδου Bottom-up

1. Οι πραγματικές μετρήσεις μέσω AMR των οικιακών καταναλώσεων στη Ζώνη των Αγίων Αποστόλων έδειξαν ότι οι τιμές της νυκτερινής κατανάλωσης είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τις ενδεικτικές τιμές για την νυκτερινή κατανάλωση (1,8-3,0) lt/ώρα ανά υδρόμετρο.

Νυκτερινή Κατανάλωση
Ζώνης Αγ. Αποστόλων
(Φεβρ. 2021)



Αυτό οφείλεται κυρίως στις χαμηλές θερμοκρασίες που επικράτησαν μεταξύ 15 και 20 Φεβρουαρίου, τη διαρκή ροή της πέτρινης κρήνης της πλατείας και τις εσωτερικές διαρροές κατοικιών.

3.3.2 Σύγκριση της μεθόδου Bottom-up των δύο προσεγγίσεων

2. Ο υπολογισμός του συντελεστή νύχτας/ημέρας NDF δεν διαφοροποιείται σημαντικά εάν υπολογιστεί με τη χρήση των καταγραφόμενων πιέσεων κατά τη διάρκεια του 24ώρου.
3. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι:
 - i. η μείωση των απωλειών θραύσεων κατά από 56,04 m³/24hr σε 31,26 m³/24hr (44.2%) και
 - ii. η μείωση του δείκτη ILI κατά από 8,12 σε 4,79 (41%)

4. 1. Υπολογισμός Υδατικού Ισοζυγίου της πιλοτικής ζώνης (έτος 2019 προσαρμοσμένο με τα στοιχεία του Φεβρουαρίου 2021). Μέθοδος Top Down

Εισερχόμενος όγκος νερού 50,499	Εξουσιοδοτημένη κατανάλωση 30,401	Τιμολογούμενη κατανάλωση	Τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση 30,100	Ανταποδοτικό νερό 30,100	
		30,100	Τιμολογούμενη μη μετρούμενη κατανάλωση 0		
		Απώλειες νερού 20,098	Μη Τιμολογούμενη κατανάλωση 301	Μη τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση 0	Μη ανταποδοτικό νερό 20,399
			Φαινόμενες απώλειες 7,115	Μη τιμολογούμενη μη μετρούμενη κατανάλωση 301	
	Μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση 2,600				
	Λάθη μετρητών/μετρήσεων 4,515				
	Πραγματικές απώλειες 12,983				

- Πραγματικές Απώλειες αποτελούν το **25,71%** του εισερχόμενου νερού.
- Υπομέτρηση = **15%** της τιμολογούμενης κατανάλωσης
- Η μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση = **8,64%** της μετρούμενης κατανάλωσης

4.2. Συμπεράσματα

- ✓ Οι πραγματικές μετρήσεις μέσω AMR των νυκτερινών καταναλώσεων είναι δυνατόν να διαφέρουν σημαντικά από τις ενδεικτικές τιμές για τη νυκτερινή κατανάλωση.
 - ✓ Η μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση είναι σημαντικά μεγαλύτερη στην περιοχή που έγινε η ανάλυση.
 - ✓ Ενδεχόμενη νυκτερινή παροχή κάτω από την ελάχιστη δυνατότητα καταγραφής του ροομέτρου στην είσοδο της ζώνης, συνιστά πρόβλημα αξιοπιστίας στον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου.
- !** Πρέπει να γίνει προσεκτική επιλογή του κεντρικού μετρητή ως προς τον τύπο, τη διαστασιολόγηση, τη μετρολογική του κλάση και την ελάχιστη παροχή Q1.

4.3. Συμπεράσματα

- ✓ Για την αξιοποίηση των δεδομένων των υδρομέτρων απομακρυσμένης ανάγνωσης και τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου των ζωνών σε πραγματικό χρόνο απαιτείται η ανάπτυξη λογισμικών κατάλληλων για τις επιχειρήσεις μας.
- ✓ Με την εγκατάσταση AMR στο σύνολο των ζωνών το υδατικό ισοζύγιο θα υπολογίζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!